

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

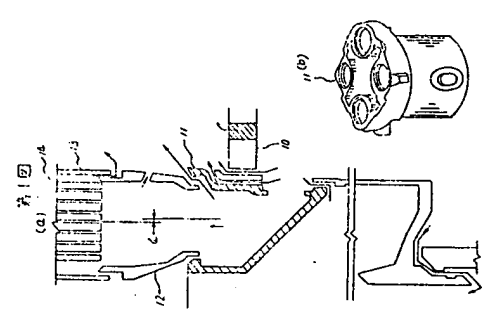
- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

→ EIE  
05/27/03

<p>87-003939/01 K05 X14 HITA 20.05.85 HITACHI KK *J6 1264-289-A 20.05.85-JP-105871 (22.11.86) G21c-03/30 Fuel assembly - comprises varying lattice into lattice with same gap distance between fuel rod on one side and displacing central axis C87-001803</p>	<p>K(5-B4B)</p>
<p>To vary lattice with distance of gap between fuel rod on side, where control rods are inserted, being different from that between fuel rods on side, where no rods are inserted, into lattice with same gap distance central axis of fuel assembly is displaced from central axis of inlet part for cooling material. USE/ADVANTAGE - Enables one to vary into type C lattice as type D is unfavourable since degree of concn. on wide gap side, where heat neutron bundle is high, is decreased and concn. of central part with low heat neutron bundle is increased. (7pp Dwg.No.1/11)</p>	

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭61-264289

⑬ Int.Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和61年(1986)11月22日

G 21 C 3/30

A-7414-2G

審査請求 未請求 発明の数 1 (全7頁)

⑮ 発明の名称 燃料集合体

⑯ 特 願 昭60-105871

⑰ 出 願 昭60(1985)5月20日

⑱ 発 明 者 井 筒 定 幸 日立市幸町3丁目1番1号 株式会社日立製作所日立工場内

⑲ 発 明 者 小 沢 通 裕 日立市幸町3丁目1番1号 株式会社日立製作所日立工場内

⑳ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

㉑ 代 理 人 弁理士 小川 勝男 外2名

#### 明 細 書

発明の名称 燃料集合体

特許請求の範囲

1. 原子炉内に配列した多数の燃料集合体の配列格子構成において、制御棒の挿入される側の燃料集合体の間隙と制御棒の挿入されない側の燃料集合体の間隙の広さが異なる格子を両間隙の広さが等しい格子へ変更するために燃料集合体の中心軸と冷却材入口部の中心軸がずれた下部タイブレードを設けたことを特徴とする燃料集合体。

発明の詳細な説明

〔発明の利用分野〕

本発明は、原子炉内における燃料集合体の配列格子構成に係り、特に、燃料集合体の間隙の広さが不均一の非対称格子を間隙の広さが均一の対称格子へ変更するのに好適な燃料集合体の構造に関する。

〔発明の背景〕

第5図は、沸騰水型原子炉の水平断面を示すものである。1は炉心格子セルで、1つの格子セル

内には、第6図に示すように、1体の制御棒3と、制御棒3に隣接してその制御棒3を取囲む4体の燃料集合体2が存在する。

第7図および第8図は、燃料集合体の構造を示す図である。この図で、4は上部タイブレード、5はチャンネル・ファスナ、6はチャンネル・ボックス、7はスペーサ、8は下部タイブレード、9は燃料棒である。

沸騰水型原子炉に用いられる燃料集合体のうちD型格子（または、非対称格子）と呼ばれる形状のものは、第9図の燃料集合体断面図に示すように隣接する燃料集合体とのギャップ間隔が異っており、制御棒側のギャップ間隔（第9図のD<sub>1</sub>、以後、広ギャップと呼ぶ）は、制御棒がない側のギャップ間隔（第9図のD<sub>2</sub>、以後、狭ギャップと呼ぶ）より広くなっている。

これに対して、C型格子（または、対称格子）と呼ばれる形状のものは、第9図の燃料集合体断面図において隣接する燃料集合体とのギャップ間隔が等しくなっている（第9図においてD<sub>1</sub>=D<sub>2</sub>）

このため、D型格子において、広ギャップ側では、チャンネルボックス6の外側の減速材流路面積が大きく、中性子の減速の効果が大きい。この結果、燃料集合体2内の各燃料棒9の出力は、広ギャップ側で高く、狭ギャップ側で低くなるという出力分布のひずみを生じる傾向がある。

このため、広ギャップ側に濃縮度の高い燃料棒を配置することは、無限増倍率が向上し有利ではあるが、出力分布のひずみも増大して、局所ピーキング係数（燃料集合体断面における、最大燃料棒出力と平均燃料棒出力の比）も上昇するために燃料棒が熱的に厳しい条件におかれる。

この歪みを小さくするために、第9図に示すように、燃料集合体内の燃料棒の濃縮度を変えて、広ギャップ側の周辺には低濃縮度の燃料棒を、狭ギャップ側の周辺部には、比較的高濃縮度の燃料棒を多く配列して、局所出力分布の平坦化を行っている。

又、沸騰水型原子炉に用いられる燃料集合体では、チャンネルボックスの外側では、蒸気（ボイ

ド）が発生しないのに対し、チャンネルボックスの内側では、蒸気が発生があるため、第9図に示す燃料集合体の横断面内の水（減速材）の密度分布は一樣でなく、チャンネルボックスの外側のギャップ部で高く、チャンネルボックスの内側で低くなっている。このため、熱中性子束の分布も一樣ではなく、第10図に模式的に示すように、燃料集合体の中心部では、減速材が少ないことおよび燃料自身による中性子吸収効果が大きいことにより、熱中性子束は低く、燃料集合体の外周部で、熱中性子束が高くなる分布を持っている。

燃料集合体内の各燃料棒出力Pは、およそ次式で表わされる。

$$P = \phi \cdot \sigma_f \cdot N \quad \dots (1)$$

ここで、

$\phi$  : 燃料棒位置での熱中性子束

$\sigma_f$  : 核分裂性物質の核分裂断面積

N : 燃料棒内の核分裂性物質の原子数密度

この各燃料棒出力Pの分布（局所出力分布）を平坦化し、局所ピーキング係数をできるだけ小さ

くするために、熱中性子束 $\phi$ の大きい外周部燃料棒での核分裂性物質の原子数密度Nを小さくするように燃料集合体設計が行われる。即ち、各燃料棒に含有されるウラン濃縮度は、各燃料棒ごとに異なっており、燃料集合体の中心部では高く、周辺部では低いという濃縮度分布を持っている。

通常、外周部の燃料棒の $U^{235}$ 濃縮度は、中心部の燃料棒より25%～50%程度、低くなっている。

同一の燃料棒濃縮度分布に対して、D型格子とC型格子で燃料集合体内の燃料棒の出力分布がどの程度、異なるかを示したのが、第11図である。これにより、局所ピーキングをD型格子とC型格子で同程度にするためには、D型格子では、広ギャップ側の燃料棒の濃縮度を下げ、中心部の燃料棒の濃縮度を上げることが必要となる。

燃料集合体の濃縮度分布を反応度（中性子増倍率）の点から考えると、熱中性子束の高い位置に核分裂性物質の含有量の高い燃料棒を配置した方が燃料集合体の反応度が上がり、燃料経済的にも有

利である。このため、熱中性子束の高い広ギャップ側の濃縮度を下げ、熱中性子束の低い中心部の濃縮度を上げるD型格子は、中性子経済上、不利である。

従来の沸騰水型原子炉には、燃料集合体の配列格子構造にD型格子とC型格子があつたが、D型格子の原子炉をC型格子の原子炉へ変換するものは無かつた。

特開昭54-56287号では、原子炉内の燃料集合体配列格子構造において、制御棒側のギャップ間隔を制御棒がない側のギャップ間隔よりも狭くして構成したことを特徴とする原子炉を与えている。

これは、制御棒側のギャップ間隔を狭くすることにより、制御棒側ギャップ部の制御棒引抜時の反応度を下げ、制御棒挿入時と制御棒引抜時の反応度化を小さくしたものである。これによつて制御棒挿入時と制御棒引抜時の出力分布変化の低減が図られている。

しかしながら、この装置では、制御棒側のギャップ間隔と制御棒がない側のギャップ間隔が等し

いC型格子への変換は、配慮されていなかった。

特開昭57-200891号では、原子炉の炉心に燃料集合体を装荷する方法において、2サイクル以上滞在した燃料集合体を炉心から抜き出し、その後、制御棒の中心軸に近接していた部分を制御棒の中心軸から遠ざけるように回転して炉心に再装荷し、この燃料集合体を継続使用することを特徴とする燃料集合体の装荷方法を与えている。

これは、D型格子では、広ギャップ側の周辺部には低濃縮度の燃料棒が、又、狭ギャップ側の周辺部には比較的高濃縮度の燃料棒が多く配列されているため、燃焼が進んだときに、燃料集合体を水平面上で180°回転させるか、または、水平方向に平行移動することにより、周辺燃料棒のうち、高濃縮度のものが広ギャップ側に配置させるようにして、燃料集合体の反応度を向上させている。

しかしながら、この装置では、制御棒側のギャップ間隔と制御棒がない側のギャップ間隔が等しいC型格子への変換は、配慮されていなかった。

力分布のひずみを生じる傾向がある。

この歪みを小さくするために、燃料集合体内の燃料棒の濃縮度を変えて、広ギャップ側の燃料棒の濃縮度を下げ、中心部の燃料棒の濃縮度を上げることが必要となる。

燃料集合体の濃縮度分布を反応度（中性子増倍率）の点から考えると、熱中性子束の高い位置に核分裂物質の含有量の高い燃料棒を配置した方が燃料集合体の反応度が上がり、燃料経済的にも有利である。このため、熱中性子束の高い広ギャップ側の濃縮度を下げ、熱中性子束の低い中心部の濃縮度を上げるD型格子は、中性子経済上、不利である。

従来の沸騰水型原子炉には、前記のように、D型格子とC型格子があつたが、D型格子の原子炉をC型格子の原子炉へ変換するものは無かつた。

D型格子の原子炉をC型格子の原子炉へ変換するためには、燃料集合体が、炉心支持板にはめ込まれた燃料支持金具上に搭載される構造であることから次の2つの方法が考えられる。

#### 〔発明の目的〕

本発明の目的は、燃料集合体の配列格子を構造において、制御棒の挿入される側の燃料集合体の間隙と制御棒の挿入されない側の燃料集合体の間隙の広さが異なる格子（非対称格子）を両間隙の広さが等しい格子（対称格子）へ変更する下部タイププレートを設けたことを特徴とする燃料集合体を提供することにある。

#### 〔発明の概要〕

沸騰水型原子炉の燃料集合体の配列格子構造には、制御棒の挿入される側の燃料集合体の間隙と制御棒の挿入されない側の燃料集合体の間隙の広さが異なるD型格子（非対称格子）と両間隙の広さが等しいC型格子（対称格子）がある。

D型格子では、制御棒側のギャップ間隔（広ギャップ）が制御棒がない側のギャップ間隔（狭ギャップ）より広がっているため、広ギャップ側でチャンネルボックスの外側の減速材流路面積が大きく、中性子の減速の効果が大きいことの結果、広ギャップ側の燃料棒の出力が高くなるという出

(1) 燃料支持金具をD型格子用のものからC型格子用のものへ変更する。

(2) 燃料支持金具は、D型格子用のものをそのまま使用し、燃料集合体の燃料支持金具との接合部である下部タイププレートをD型格子からC型格子へ変換する構造のものとする。

上記(1)の方法では、D型格子からC型格子への変換に際し、

(i) 燃料支持金具も取り換えることになるため、C型格子用の燃料支持金具を必要とすると同時にD型格子用の燃料支持金具を廃棄することになる。

(ii) 燃料支持金具は、燃料集合体4体に1体の割合で炉心支持板にはめ込まれているため、燃料集合体1体毎の通常の燃料取換時に燃料取換を兼ねて行うことができない。

等の理由により現実的方法ではないと考えられる。

本発明の特徴は、前記(2)の方法により、燃料集合体の下部タイププレートをD型格子からC型格子へ変換する構造としたものである。

## 〔発明の実施例〕

以下、本発明の一実施例を第1図により説明する。第1図は、本実施例の燃料集合体の垂直方向断面図である。10は炉心支持支持板、11は燃料支持金具、12は下部タイプレート、13はチャンネルボックス、14は燃料棒を示す。又、第2図は、本実施例の燃料集合体の配列格子構造図である。

第2図において、従来のD型格子では、広ギャップ(D<sub>1</sub>)が狭ギャップ(D<sub>2</sub>)よりも大きかったが、本発明では、C型格子と同一の配列であるように(D<sub>1</sub>=D<sub>2</sub>)配列格子構造が変更されている。

上記の配列格子構造を実現するために、本発明では、第1図に示すように、下部タイプレートを制御棒の挿入される側方向へ曲げた構造とし、チャンネルボックス内の冷却材の流路をD型格子のものからC型格子のものへ変換している。

現行の沸騰水型原子炉におけるD格子の場合、燃料支持金具流路の中心軸とチャンネルボックス

流路の中心軸の偏差(第1図のd)は、2.4mmである。

本発明の変形例1を第3図に示す。

第3図において、従来のD型格子では、広ギャップ(D<sub>1</sub>)が狭ギャップ(D<sub>2</sub>)よりも大きかったものを、本発明では、C型格子に近づけるようにD<sub>1</sub>とD<sub>2</sub>の差を小さく配列格子構造が変更されているものである。

本発明の変形例2を第4図に示す。

第4図において、従来のD型格子では、広ギャップ(D<sub>1</sub>)が狭ギャップ(D<sub>2</sub>)よりも大きかったものを、本発明では、C型格子に近づけるようにD<sub>1</sub>とD<sub>2</sub>の差を小さくすると共に広ギャップの間隔が一定である(D<sub>1</sub>=D<sub>2</sub>)ように配列格子構造が変更されているものである。

## 〔発明の効果〕

本発明によれば、原子炉内の燃料集合体の配列格子構造において、制御棒の挿入される側の燃料集合体の間隙と制御棒の挿入されない側の燃料集合体の広さが異なるD型格子(非対称格子)を両

間隙の広さが等しいC型格子(対称格子)へ変更する下部タイプレートを設けることにより下記の効果がある。

- (1) D型格子では、熱中性子束の高い広ギャップ側の濃縮度を下げ、熱中性子束の低い中心部の濃縮度を上げるため、中性子経済上、不利であるので、これをC型格子に変換できる。
- (2) C型格子への変換は、燃料支持金具の変更によつても可能であるが、この場合、新たに燃料支持金具が必要である上、古い燃料支持金具の廃棄も必要である。又、燃料支持金具は、燃料集合体4体を搭載するものであるため、通常の燃料取換時に同時に行うことはできない。しかしながら、本発明のように下部タイプレートの変更によれば、これらの問題は無い。
- (3) 現在、沸騰水型原子炉の燃料集合体の配列格子構造には、D型格子とC型格子の2種類があるが、これらを炉心特性上、統一化させることができる。

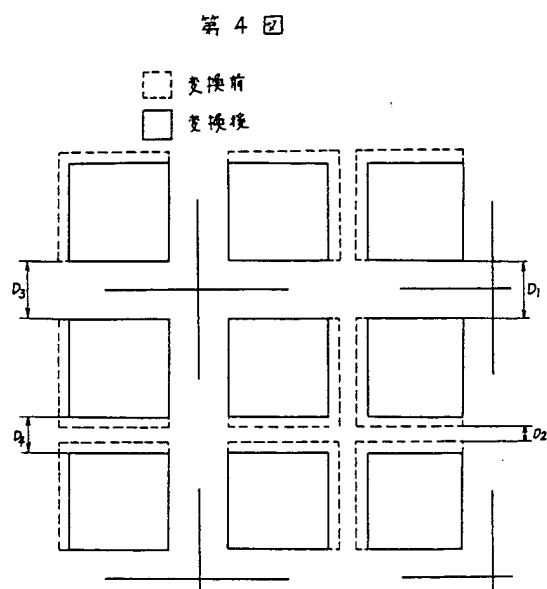
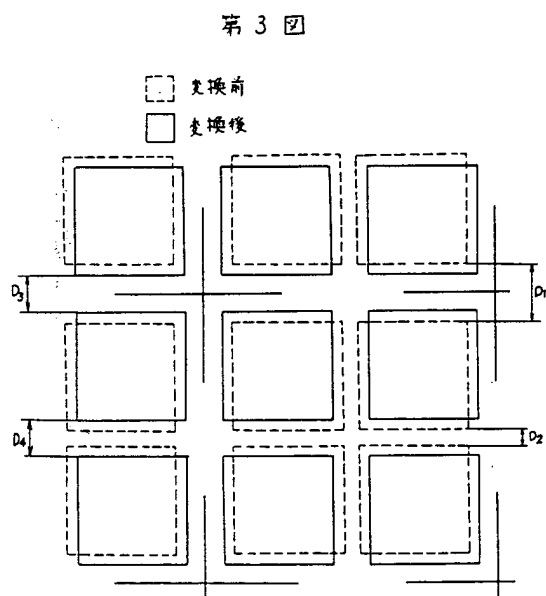
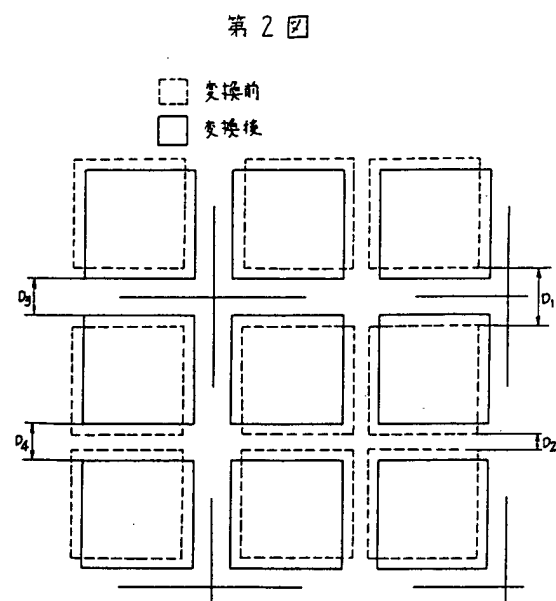
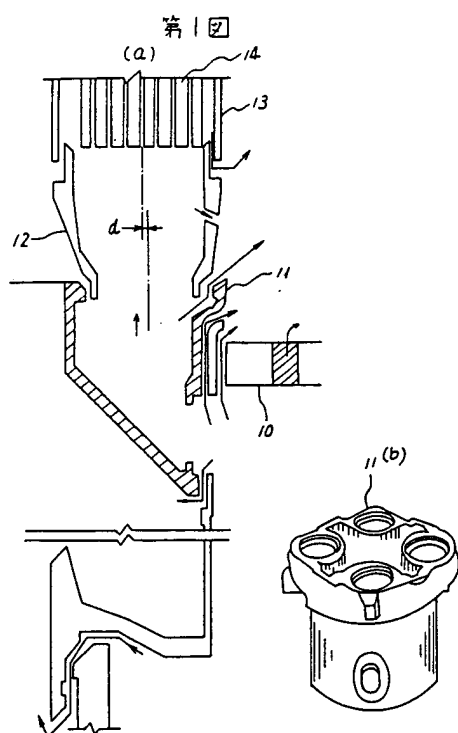
図面の簡単な説明

第1図は、本発明の一実施例の燃料集合体の構成図、第2図は、本発明による燃料集合体配列図、第3図は、本発明の変形例1の説明図、第4図は、本発明の変形例2の説明図、第5図は、沸騰水型原子炉の水平断面図、第6図は、燃料集合体断面図、第7図は、燃料集合体構造図、(垂直断面)、第8図は、燃料集合体構造図、(水平断面)、第9図は、燃料集合体ギャップ間隔説明図、第10図は、燃料集合体内中性子束分布図、第11図は、格子配列と燃料集合体内出力分布図である。

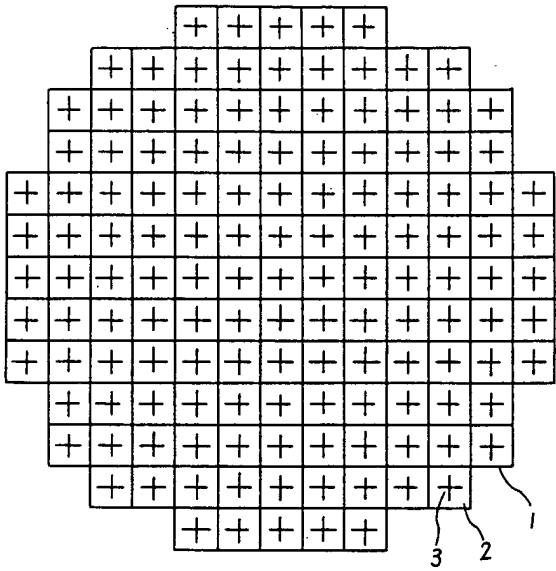
1…炉心格子セル、2…燃料集合体、3…制御棒、4…上部タイプレート、7…スパーサ、8…下部タイプレート、9…燃料棒、10…炉心支持板、11…燃料支持金具、12…下部タイプレート、13…チャンネル・ボックス、14…燃料棒。

代理人 井理士 小川勝男

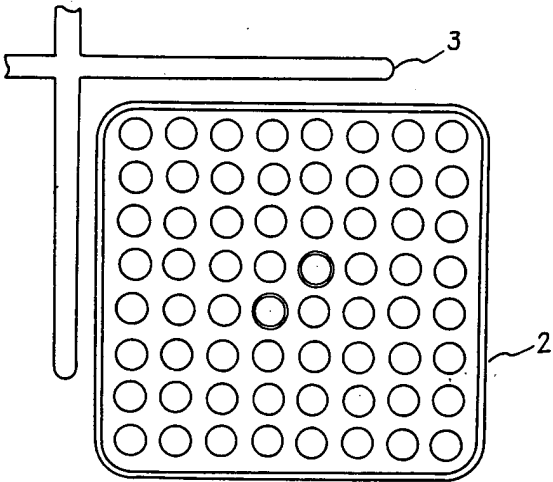




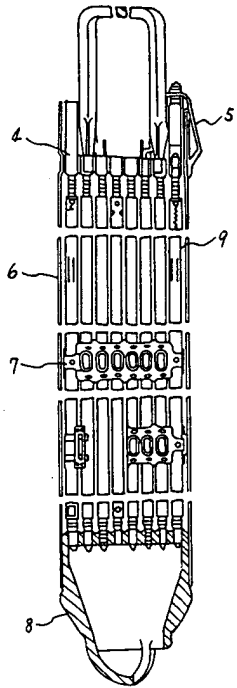
第 5 図



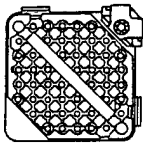
第 6 図



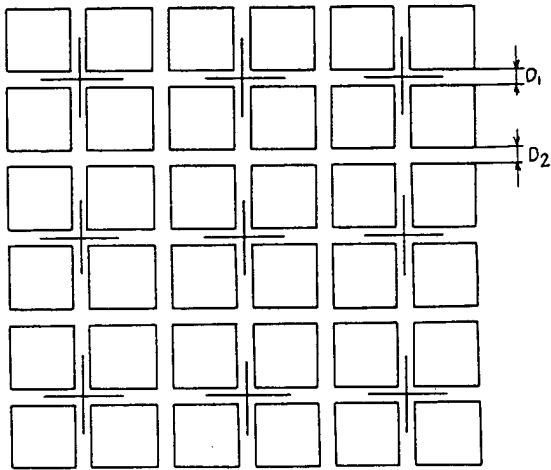
第 7 図



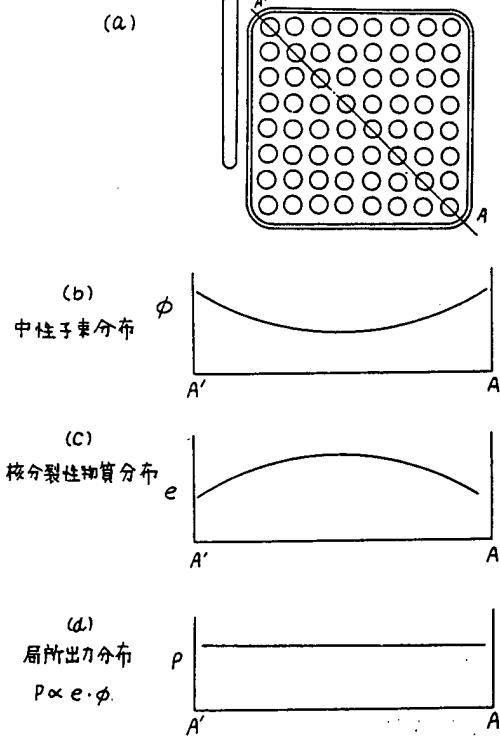
第 8 図



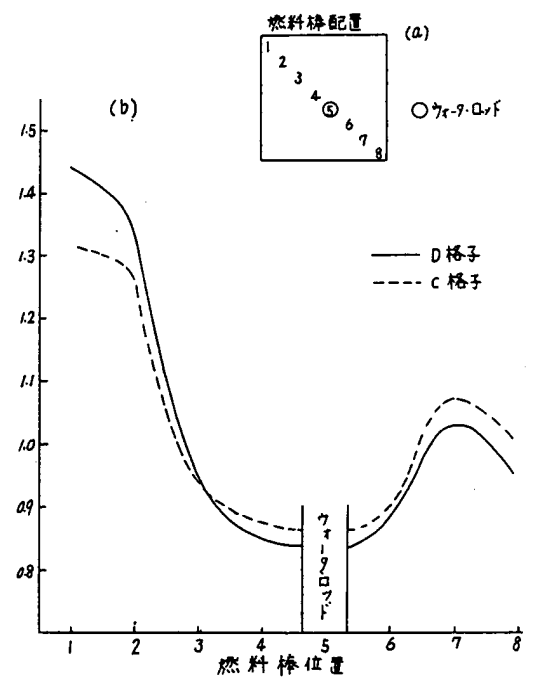
第 9 図



第10図



第11図



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**